

CARTAS DE RADIACIÓN GLOBAL MENDIA MENSUAL PARA LA REGION CENTRO-OESTE DE LA REPUBLICA ARGENTINA

J. Adaro, A. Fasulo, A. Lema, J. Marchesi

Grupo Energía Solar – Departamento de Mecánica – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Río Cuarto

Ruta Nacional N°36 Km 601 – C.P. 5800 – Río Cuarto - Córdoba
Tel. 0358 - 4676246 – Fax 0358 - 4676246 e-mail: aadaro@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN: El presente trabajo tiene como objetivo presentar las cartas solarimétricas trazadas para la Región Centro – Oeste de la República Argentina utilizando el método de krigaje para el trazado de isóneas. Se utilizaron datos de 16 localidades que se obtuvieron por medición y estimación a partir de horas de sol.

Para la construcción de las cartas solarimétricas por el método de krigaje se utilizó el software MapaSol desarrollado en el marco de la Red Iberoamericana de Solarimetría (RISOL) del Programa del Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI).

Palabras clave: radiación solar, cartas solarimétricas, krigaje.

INTRODUCCION

Para toda planificación, que se pretenda iniciar, destinada al aprovechamiento de la energía solar, se deberá contar con la información básica, esto es, cantidad y variabilidad de la radiación solar. Esta fuente de energía, a nivel de la superficie terrestre, depende de las fluctuaciones atmosféricas, meteorológicas y particularmente del comportamiento de estas en cada región. En consecuencia se requiere contar con la información respecto a de la radiación solar disponible en cada región. Con esta finalidad el programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) establecieron el sub-programa que contiene a la RISOL, que deberá coronarse con la construcción de una carta solarimétrica para Iberoamérica.

Con este trabajo se pretende generar información apropiada para el diseño y aplicaciones solares diversas en la Región Centro - Oeste de la República Argentina. Se espera, a la vez, hacer un aporte para la construcción del mapa de isóneas Ibero-Americano. La región Centro-Oeste se extiende aproximadamente entre las latitudes 29° S y 37° S y entre los meridianos 62°O y 70° O. Está integrada por la Provincias de San Juan, Mendoza, San Luis y Córdoba. Por el sur contiene parte de la pampa seca, sub-zona de transición entre la pampa húmeda al este, y el desierto hacia el oeste, el cual se extiende hasta la cordillera de Los Andes. Su clima es predominantemente seco y con muchas horas de sol. Por lo cual es una de las regiones mas apropiadas para las aplicaciones de la energía solar del País.

Como la disponibilidad de datos de mediciones de radiación es escasa, se recurrió a las determinaciones de horas de sol. El Servicio Meteorológico Nacional es la principal fuente de datos, pues registra desde hace varias décadas mediante heliógrafos tipo Campbell - Stokes las horas de sol en unas 16 estaciones de la región o próximas a esta. El tratamiento estadístico de estos datos es el procedimiento seguido para obtener esta información (Galimberti et al 1995, Fasulo et al 1994 y Adaro et al, 1998).

Los trabajos realizados por Righini y Grossi Gallegos (2000) revelan que el krigaje como método para el trazado de isóneas es apto en zonas esencialmente planas, uniformes, sin presencia de vegetación importante. Si bien Córdoba y San Luis tienen regiones de sierras, se considera que éstas no influyen significativamente como para descartar la posibilidad de utilizar el método de krigaje para el trazado de isóneas.

METODOLOGIA

Utilizamos para el trazado de las isóneas el método geostadístico krigaje (Aguiar, 1999), Por este procedimiento se efectúa una interpolación lineal óptima, minimizando los errores de estimación y considerando la información estructural de la región que se considera. Para su aplicación empleamos el programa MapaSol desarrollado por Aguiar en el marco de la Red Iberoamericana de Solarimetría (RISOL) del Programa CYTED. El programa requiere de dos archivos, uno para el acceso de la información (archivo de datos) y otro con la información del contorno de la región a estudiar.

En una primera etapa se coleccionó y revisó toda la información sobre horas de brillo solar disponible. La cual se completó con la incorporación de datos de localidades fuera de la región, pero muy próximas a esta. Finalmente se incorporaron los datos de radiación solar medidos en San Luis y Río Cuarto. En la tabla 1 podemos ver los resultados de esta primera etapa, Localidades de la región con su ubicación geográfica y valores de horas de brillo solar convertidos en radiación y radiación, todos en valores medios para los meses de enero, julio y anual.

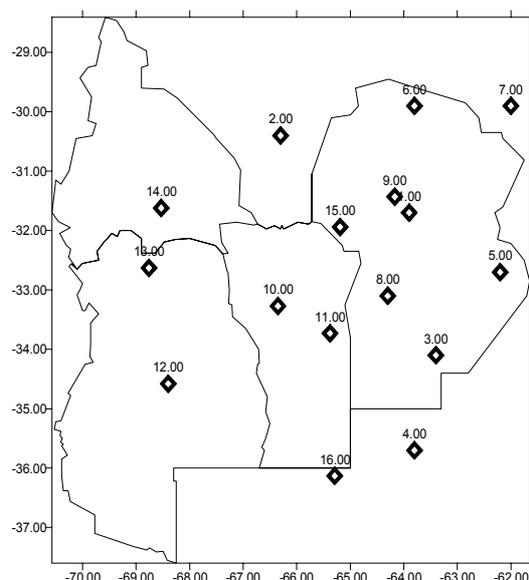


Figura 1: Ubicación geográfica de las localidades que se utilizaron en la realización de isoclinas de radiación

Número	Estación	Lat	Long	Ene.	Jul.	Anual
1.00	Pilar	-31.7	-63.9	6.1	2.6	4.1
2.00	Chamical	-30.4	-66.3	7	3.1	4.1
3.00	Laboulaye	-34.1	-63.4	6.2	2.1	4.2
4.00	General Pico	-35.7	-63.8	5	1.7	3.4
5.00	Marcos Juarez	-32.7	-62.2	6.1	2.2	4.1
6.00	Villa María	-29.9	-63.8	6.7	2.9	4.3
7.00	Ceres	-29.9	-62	6.7	2.5	4.4
8.00	Río Cuarto	-33.1	-64.3	7	2.5	4.7
9.00	Córdoba	-31.43	-64.17	5.3	2.1	3.8
10.00	San Luis	-33.27	-66.35	7	2.7	4.8
11.00	Villa Mercedes	-33.73	-65.38	6.7	2.4	4.4
12.00	San Rafael	-34.58	-68.4	6.6	2.2	4.3
13.00	Mendoza	-32.63	-68.76	7.4	2.7	5
14.00	San Juan	-31.62	-68.53	8	3.2	5.6
15.00	Villa Dolores	-31.94	-65.19	7.1	2.9	5.1
16.00	Victorica	-36.13	-65.29	7.1	2.5	4.8

Tabla 1: Localidades empleada, latitud y longitud, y valores de radiación en kWh/m²-día

Para la construcción del segundo archivo se confeccionó un mapa de la región en la cual se ubicaron las estaciones correspondientes a cada uno de los datos almacenados en el primer archivo. En la figura 1 podemos ver el mapa de la región Centro Oeste con cada una de las estaciones donde se registran datos.

CONSTRUCCIÓN DE LAS CARTAS

Recordando que para la utilización del método de krigaje la covarianza solo depende de la distancia entre dos puntos y no de su posición absoluta, y además que la distancia máxima a considerar debe ser menor que la mitad de la mayor distancia entre pares de puntos, es por ello que corriendo el MapaSol se busco la opción que mejor variograma ofrecía. Siendo para nuestro caso las siguientes: se tomo como máxima distancia de separación entre estaciones de 397 km, con números de clases de 15 y 14 para los meses de enero y julio respectivamente, y de 14 para la carta solarimétrica anual.

Como la varianza se estabiliza para las distancias grandes entre estaciones, lo que es esperable, el modelo que mejor ajusta a los variogramas para los casos de enero, julio y anual es la función potencia. El valor positivo apreciable en el variograma luego de primer clase de distancia se denomina efecto de pepita. A continuación se dan los valores del modelo exponencial para los tres casos:

Epoca	Constante	Exponente	Efecto de pepita
Enero	0.03318	0.46	0
Julio	0	1.759	0.061
Anual	0.00194	0.76	0.097

Tabla 2: Valores de constante, exponente, y efecto pepita

Si bien hay varios factores en el caso de la radiación solar que pueden provocar anisotropía, es importante aclarar que en la aplicación del MapaSol, y debido al tipo de información de partida se considero que el campo es aproximadamente isotrópico. Se consideró que el campo es isotrópico debido a que los valores utilizados son derivados de la conversión de horas de sol y no valores de radiación solar obtenidos por medición Si en diferentes zonas de la región donde se pretende llevar a cabo la interpolación la variabilidad espacial tuviera un patrón diferente entonces el resultado del método de krigaje puede no ser razonable. Por ello el modelo geoestadístico debería ser usado en zonas homogéneas. Esta última es la hipótesis que se utilizó al aplicar MapaSol a los datos disponibles.

COMPARACIÓN CON OTROS RESULTADOS

Las cartas obtenidas al utilizar MapaSol son comparadas con las realizadas por Grossi Gallegos (1997) y las de Crivelli y Pedregal (1972). Si se observa la carta de julio se puede ver líneas de igual valor con una orientación en una dirección aproximada sudoeste a noreste, y entre ellas la línea de 2,5 kWh/m²-día, resulta más próxima con en la carta de Crivelli y Pedregal que con la de Grossi Gallegos.

Una observación minuciosa muestra que para enero las isolíneas obtenidas por MapaSol guardan similitud con la carta de Grossi Gallegos, pues una isolínea de 6.7 kWh/m²-día atraviesa la Región. Si se observan los datos de Córdoba, ellos son menores de los esperados, tal vez esto se deba a las condiciones adversas de la existencia de aerosoles propios de una gran ciudad, lo que estaría afectando las forma de distribución de las isolíneas que se muestran en sentido inverso a las cartas de Grossi Gallegos,y las de Crivelli y Pedregal.

Analizando la carta anual de Grossi Gallegos se puede ver una línea de un valor de 4,5 kWh/m²-día que pasa por noroeste de la Región con una dirección sur-sudoeste a norte-noreste. En la carta de elaborada con MapaSol esa línea no aparece explícitamente, pero bien podría considerarse a la misma entre las dos de 4,25 kWh/m² que se encuentran en el noroeste de la Provincia de Córdoba. Esta coincidencia no es incompatible con la carta presentada por Crivelli y Pedregal de isolíneas de igual radiación global en el año en kcal/cm²-año.

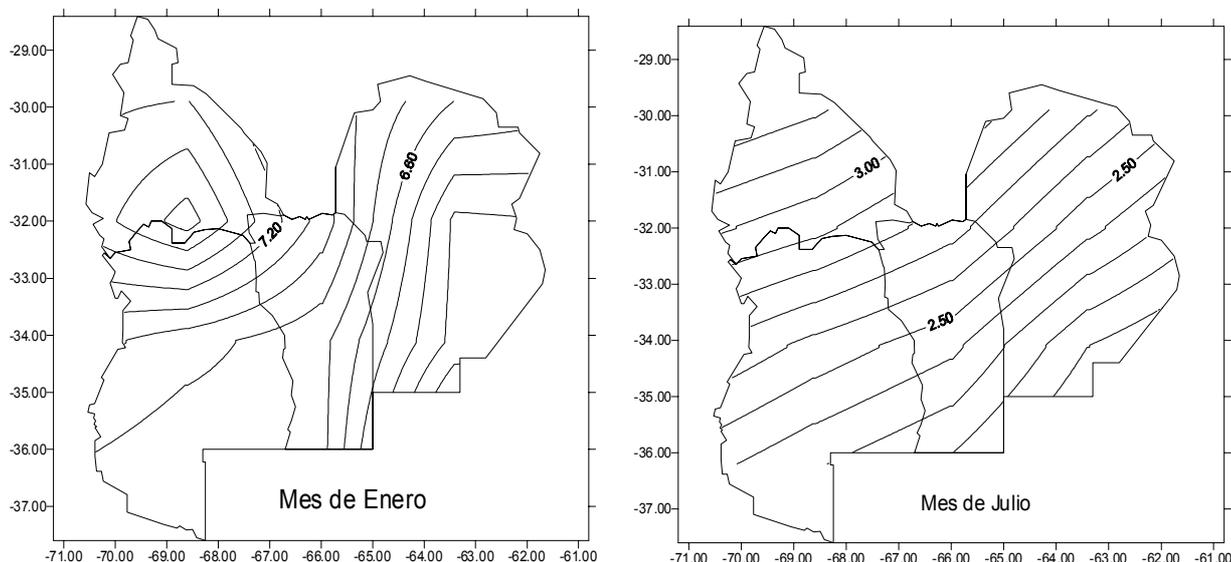


Figura 2: Isolíneas de promedio mensual de radiación solar global en plano horizontal en kWh/m²-día para los meses de enero y julio

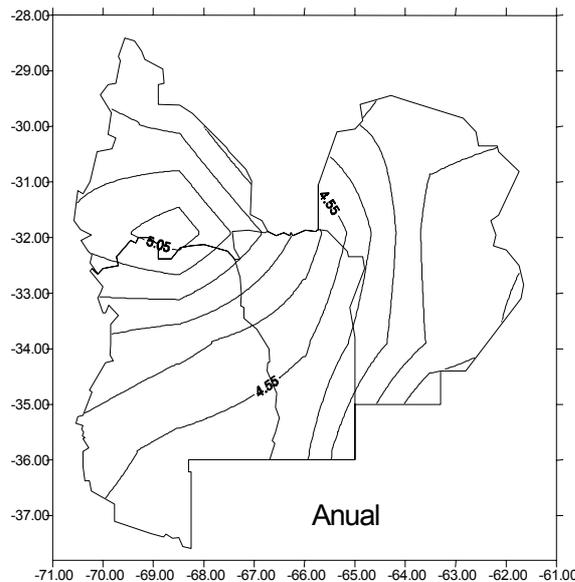


Figura 3: Isolíneas de promedio anual de radiación solar global en plano horizontal en kWh/m²-día

CONCLUSIONES

Se ha adquirido un procedimiento para generar isolíneas confiable y de fácil uso, que permitirá una continua actualización e incorporar progresivamente características específicas de la región. El método de krigaje para la construcción de cartas solarimétricas produce resultados que en general están en coincidencias con las cartas realizadas por otros métodos.

A pesar que la fuente de la información de los datos originales de partida no son los mismos, es importante ver como los resultados finales pueden ser comparables, permitiendo tomar confianza en los resultados obtenidos por el método de krigaje en general y en programa MapaSol en particular.

En próximos trabajos se estudiará y analizará el efecto de atenuación de los principales componentes de la atmósfera por la diferencia de altura, y en virtud de los resultados obtenidos se corregirá el trazado de isolíneas de radiación por la incidencia de las cadenas montañosas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores dejan constancia de su agradecimiento a los Drs. Ricardo Aguiar y Hugo Grossi Gallegos por su continua e intensa labor docente en la difusión de procedimientos y métodos para el estudio de la radiación solar efectuado en el marco de la Red Iberoamericana de Solarimetría, RISOL. Este trabajo se desarrolló en la Universidad Nacional de Río Cuarto y fue subsidiado por el área de Promoción Científica de la Agencia Córdoba Ciencia.

REFERENCIAS

- Adaro, J.; Fasulo, A.; Lema, A. y Marchesi, J. Trazado de Cartas Solarimétricas de la Provincia de Córdoba. AVERMA Vol. 5, pp 11.03-11.04 - Comunicación.
- Adaro, J.; Fasulo, A.; Lema, A. y Marchesi. Monthly Maps of Mean Daily Insolation for the Western Central Region of Argentina. WREC 2002 – Cologne – Germany.
- Adaro, J. (1998) Tratamiento estadístico de series temporales de irradiación solar y horas de sol. Tesis de Maestría. Universidad Internacional de Andalucía.
- Aguiar, J.F. (1999) Cartografía de la Radiación solar por Métodos Geoestadísticos, 39p., Red Iberoamericana de Solarimetría (RISOL)
- Crivelli, E. y Pedregal, M. A. (1972) Cartas de Radiación Solar Global de la República Argentina. Meteorología, Vol. III, N° 1, 2, 3. pp 80 -97
- Fasulo, A., Barral, J. Adaro, J., Lema, A. (1994) Variables Climáticas de la Región Centro Sur de Córdoba – Estado de Avance. Actas de Asades, 503-509.
- Galimberti, P., Adaro, J., Barral, L., Lema, A. (1995), Variables Climáticas de la Región Centro Sur de Córdoba. Asades, 04.67-04.72.
- Grossi Gallegos, H. (1997) Evaluación a nivel de superficie de la radiación solar global en la República Argentina. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Lujan.
- Raghini, R. y Grossi Gallegos, H. (2000). Trazado de las cartas solarimétricas de la Pampa Húmeda empleando métodos geoestadísticos. AVERMA Vol. 4 N° 2 pp 11.25-11.29

ABSTRACT: The purpose of this work is to present the solar radiation that the western central region of the Argentine Republic possesses. For this aim we apply solarimetric charts that we construct for every month of the year. For drawing the isolines we use the "kriging" method. Data from 16 places that had been obtained through measurement of the solar radiation, or an estimation of it based on the hours of sunshine, were used.

To construct the solarimetric charts by the "kriging" method, the software MapaSol, developed in the framework of Iberoamerican Solarimetric Network (RISOL), was utilized. This network has the sense of drawing solarimetric charts for Latin America. The results for the extreme months of the year, January and July and the chart of the annual mean values are presented.